

歩道縁石による車椅子の衝撃評価に関する研究

九州大学工学部

学生員 佐藤 彰

九州大学大学院 工学研究科

学生員 田中 正和

九州大学大学院 工学研究科

正会員 寺町 賢一

九州大学大学院 工学研究科

正会員 角 知憲

1. はじめに

車椅子利用者が道路を走行するときの障害としては狭い幅員の歩道、放置自転車・電柱等の支障物件、横断勾配、段差、歩道から車道へのすりつけ勾配など多数挙げることができる。本研究では車椅子が車道と歩道の境界をなす縁石に乗り上げ時、乗り降り時に生じる衝撃を調べる。縁石の高さについては、弱視者が段差を認識するために必要な高さ2cmを保ちながら、衝撃を軽減するために、縁石に塩化ビニールチューブを設置し、段差形状を変化させ、如何に衝撃が軽減できるかを調べていくものとする。

2. モデルと計算方法

図-1 のモデルより、運動方程式は(参考文献1)、

$$[M]\{\ddot{X}\} + [C]\{\dot{X}\} + [K]\{X\} = \{F(t)\} \cdots (1)$$

(1)式をフーリエ変換して周波数領域で表すと、

$$\{X(\omega)\} = [H(\omega)]^{-1} \{F(\omega)\} \cdots (2)$$

$$[H(\omega)] = -\omega^2 [M] + i\omega [C] + [K]$$

ここに、

$[M]$: 質量行列 $[C]$: 減衰行列

$[K]$: 剛性行列 $\{X\}$: 変位行列

$[H(\omega)]$: 周波数応答関数

$[]$: 7×7 行列 $\{ \}$: 7×1 行列 とする。

また、 $\{F(t)\}$ は前輪での路面変位 $h_1(x)$ から次のように与えられる。ここに($t_1 = x / (\text{車椅子の速度})$)、 t_1 は後輪の前輪に対する時間遅れである。

$$\begin{aligned} \{F(t)\} &= \{k_1 h_1(t) + c_2 \dot{h}_1(t), \\ &\quad k_2 h_1(t - t_1) + c_2 \dot{h}_1(t - t_1), 0, \dots, 0\}^T \\ \{F(\omega)\} &= \{k_1 + i\omega c_2\} h_1(\omega) e^{i\omega(t-t_1)}, \\ &\quad (k_2 + i\omega c_2) h_1(\omega) e^{i\omega(t-t_1)}, 0, \dots, 0\}^T \end{aligned}$$

(2)式に $-\omega^2$ をかけて、振動加速度スペクトル $\{\alpha(\omega)\}$ を求めると、

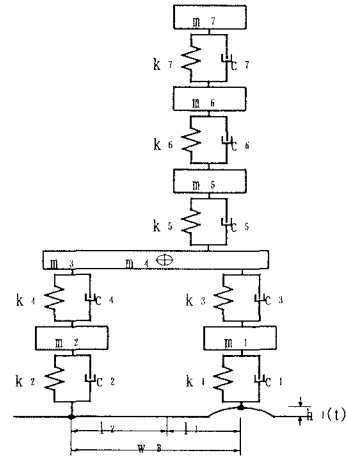


図-1. 車椅子振動モデル

$$\{\alpha(\omega)\} = -\omega^2 [H(\omega)]^{-1} \{F(\omega)\}$$

である。

以上のモデルは、衝撃を軽減するのに最適な段差形状、ビニールチューブの弾性係数などを求める場合に必要なる理論である。

3. 車椅子の振動の測定

ここでは、実際に車椅子で段差形状を変化させた縁石を上り下り走行した場合の衝撃の値と、普通の縁石を上り下り走行した場合の衝撃の値と比較していく。段差形状を変化させ塩化ビニールチューブ(厚さ4mm)を設置した縁石は図-2のとおりである。実験では図-2中のLの値を変化させ測定した。

実験では車椅子に図-3のように圧電式加速度計を取り付け、図-2の段差を車椅子で上り下りさせる。そのときの衝撃と普通の縁石を走行したときの衝撃は、次(図-4,5)のようになる。また衝突時の速度は同じである。

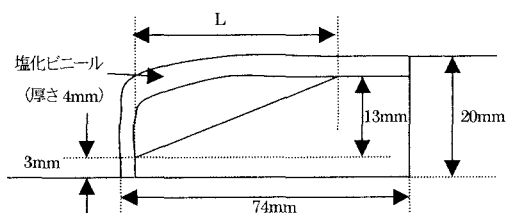


図-2 段差形状

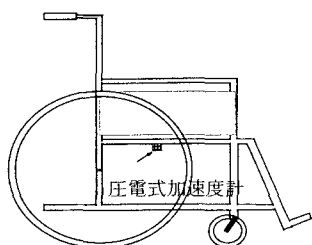


図-3 測点配置

4. 縁石の形状による比較

従来の縁石に衝突したときの車椅子のシート下の振動加速度スペクトルと、縁石の形状を変化させたことにより得られた車椅子のシート下の振動加速度スペクトルの比較を 1/3 オクターブバンドスペクトル表示したグラフで行う。

図-4, 5 は図-2 中の L を 45mm として車椅子の上下方向の衝撃と上下方向の衝撃について比較したものである。被験者は体重 54 kg の男子学生である。上下方向の衝撃については、主に 10Hz ～ 20Hz 付近におけるスペクトルの値と 100Hz をこえるスペクトルの値が減少した。OVERALL 値も、形状を変化させ、ビニールチューブを設置した縁石の場合が 0.31G、普通の縁石の場合が 0.45G となり上下方向について衝撃は減少していることがわかる。また前後方向の衝撃については、全周波数領域でスペクトルの値が減少しており特に 5Hz 付近と 30Hz 付近のスペクトルの値と、100Hz を越えるスペクトルの値が減少した。OVERALL 値も、形状を変化させビニールチューブを設置した縁石の場合が 0.20G、普通の縁石の場合が 0.29G となり、このことから縁石の形状を変化させ、ビニールチューブを設置することによって衝撃が減少していると考えられる。

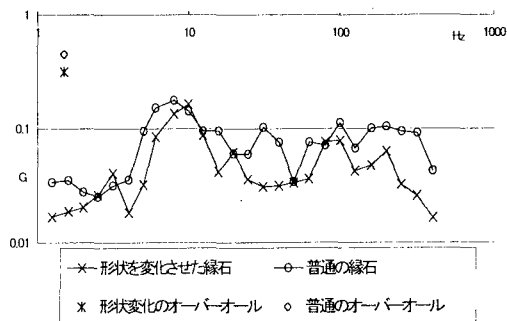


図-4 振動加速度スペクトルの上下方向の比較

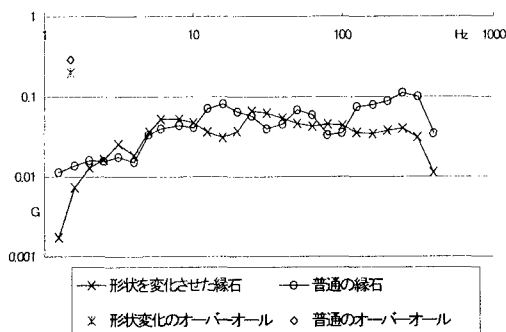


図-5 振動加速度スペクトルの前後方向の比較

5. 結論

本研究では、段差を車椅子が走行する時に生じる衝撃を段差の高さを変えことなく、形状を変化させ、ビニールチューブを設置することによって軽減することができた。

6. 課題

今後の課題としては、

- (1) 衝撃評価のため、評価関数を作成する。
 - (2) 段差を車椅子が走行する時に、衝撃軽減が最適の段差形状を求める必要がある。
- ことが挙げられる。

〈参考文献〉

- 1) 寺町 賢一：路面凹凸を考慮した人-車椅子系力学モデル
(九州大学工学集報 第 72 巻 第 3 号
P279～P282, 1999)